

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-276729

(43)Date of publication of application : 06.10.2000

(51)Int.Cl. G11B 5/66  
 G11B 5/64  
 G11B 5/85  
 H01F 10/16  
 H01F 10/30

(21)Application number : 11-077739

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 23.03.1999

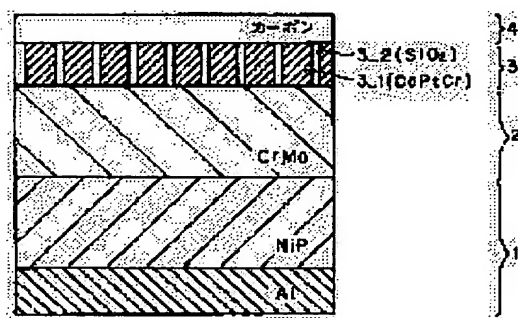
(72)Inventor : KAIZU YOSHITAKE  
 SATO HISATERU  
 OKAMOTO IWAQ

## (54) MAGNETIC MEMORY MEDIUM

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a magnetic memory medium which is capable of recording information with a high recording density and reproducing the information with high signal quality (a high S/Nn) and has a good overwriting characteristic while achieving the longer life of the recorded information.

SOLUTION: This magnetic memory medium has a recording layer 3 on a nonmagnetic substrate 1. The recording layer 3 consists of a nonmagnetic matrix 3.2 and a plural crystal grains 3.1 which are dispersed in the nonmagnetic matrix 3.2 and penetrate the recording layer 3 in a columnar state exhibiting ferromagnetism. These crystal grains 3.1 are  $\leq 30$  nm in the average height thereof and  $\leq 15$  nm in the average grain size in the intra-surface direction of the layer. The  $(K_n.V)/(k_s.T)$  thereof is  $\geq 60$  and the average anisotropic magnetic field  $H_k$  thereof is  $\leq 10$  kOe.



BEST AVAILABLE COPY

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 12.11.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

\* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] In the magnetic storage medium which has the recording layer the easy axis of two or more of these crystal grain objects comes to carry out orientation to a nonmagnetic substrate in parallel with a layer while coming to distribute two or more crystal grain objects which consist of a ferromagnetic ingredient in a nonmagnetic ingredient It is the grain of the shape of a column the height of whose is 30nm or less, respectively while piercing through the field of this recording layer of two or more crystal grain objects distributed by said recording layer, and the average of the particle size of the field inboard of this recording layer of two or more of these crystal grain objects is 15nm or less. Furthermore, Boltzmann's constant kB (unit : (Ku-V)/(kB-T) which is the ratio of the product of erg/K), the average Ku (unit: erg/cm3) of the anisotropy energy of two or more of these crystal grain objects over the product of temperature T (unit: K), and the average V of the volume of two or more of these crystal grain objects (unit: cm3) is 60 or more. And the magnetic storage medium characterized by the average Hk of the anisotropy field of each of two or more of these crystal grain objects being 10 or less kOes.

[Claim 2] The magnetic storage medium according to claim 1 characterized by the easy axis of two or more crystal grain objects of each, included in said recording layer, coming to carry out orientation to the circumferencial direction of the substrate of the shape of this disk while said substrate is a disk-like substrate.

[Claim 3] The magnetic storage medium according to claim 1 characterized by the crystal grain object in said recording layer consisting of an alloy containing Co and Pt.

[Claim 4] The magnetic storage medium according to claim 1 characterized by the nonmagnetic ingredient in said recording layer consisting of oxide ceramics.

[Claim 5] The magnetic storage medium according to claim 1 characterized by having the substrate layer which consists of a nonmagnetic ingredient between said substrates and said recording layers.

[Claim 6] The magnetic storage medium according to claim 5 characterized by said substrate layer consisting of an alloy containing Cr.

[Claim 7] The magnetic storage medium according to claim 5 characterized by having the interlayer who consists of a different nonmagnetic ingredient from the ingredient which adjoins the both sides of these substrates layer and a recording layer, and constitutes this substrate layer between said substrate layers and said recording layers.

[Claim 8] The magnetic storage medium according to claim 7 characterized by for the crystal grain object in said recording layer consisting of an alloy containing Co and Pt, and said interlayer consisting of an alloy containing Co and Cr further while said substrate layer consists of an alloy containing Cr.

[Claim 9] The magnetic storage medium according to claim 5 characterized by having the seed layer which consists of a different ingredient from the ingredient which adjoins the both sides of these substrates and a substrate layer, and constitutes this substrate layer between said substrates and said substrate layers.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

## [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the suitable magnetic storage medium for the magnetic disk drive for performing informational record playback.

[0002]

[Description of the Prior Art] With the increment in the recording information treated with an information processor, while the magnetic storage used as external storage of this information processor is compact, what has still bigger storage capacity is demanded. Therefore, the magnetic storage medium which can be recorded with high recording density is needed for magnetic storage. However, it is known for the conventional magnetic storage medium that S/Nm to the regenerative signal of the recorded magnetic information will fall (the medium noise Nm should increase to the output S of a regenerative signal), so that magnetic information is recorded with high recording density.

[0003] Generally, a magnetic storage medium has the recording layer on which magnetic information is recorded, and 1-bit magnetic information is shown by the direction of all magnetization which consists of a set of each magnetization of the crystal grain child who shows two or more ferromagnetism which exists in the 1-bit cel of the recording layer. You may think that the magnetization in this 1-bit cel gathers in the about 1 direction where magnetic information is recorded. However, when magnetization of the next 1-bit cel has gathered in the direction contrary to this direction, near the boundary of those adjacent 1-bit cels, it has a certain width of face, and the field (magnetization transition region) where the magnetization which turns to hard flow mutually mingles with zigzag is generated. One of the causes which the medium noise mentioned above generates is in dispersion in magnetization in this magnetization transition region.

[0004] Dispersion in this magnetization originating in the magnetic interaction between the crystal grain children who show ferromagnetism, and being generated is known. this invention person etc. proposed the granular magnetic storage medium as a medium which this magnetic interaction was able to weaken (Japanese Patent Application No. No. 160437 [ 07 to ]). Two or more ferromagnetic crystal grain children who consist of an alloy of alloy [ of Fe or Fe system ], Co, or Co system distribute in the nonmagnetic matter [ \*\*\*\* / these alloys / un-], and this granular magnetic storage medium has the recording layer which comes to be isolated mutually. Thus, when two or more of these crystal grain children are isolated mutually, the medium noise which the magnetic interaction between those ferromagnetic crystal grain children is divided nearly completely, consequently originates in dispersion in magnetization in this magnetization transition region is reduced.

[0005] Moreover, a medium noise is generated also by dispersion in a crystal grain child's grain size. It is thought that a playback output is proportional to total of the volume of the crystal grain child in a 1-bit cel. Therefore, if the average grain size in a 1-bit cel becomes large, dispersion in the grain size will also become large, dispersion in a playback output will become large as a result, and a medium noise will also increase. Therefore, it is thought that the medium noise Nm of this magnetic storage medium is reduced further, and its S/Nm improves by being adjusted so that a crystal grain child's grain size may become smaller in the recording layer of a magnetic storage medium.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, as the magnetization recorded on the ferromagnetic crystal grain child who the magnetic interaction was divided and is isolated magnetically has a small grain size, anisotropy energy  $Ku-V$  (volume of an anisotropy energy  $\times$  particle) which stabilizes the magnetization in the predetermined direction becomes smaller. If this anisotropy energy  $Ku-V$  becomes small, the heat fluctuation phenomenon in which the direction of magnetization swings under the effect of heat will arise. therefore — when grain size turns into below predetermined size, even if it is a room temperature — magnetization of each particle — a heat fluctuation phenomenon — being generated — a ferromagnetic crystal grain child's magnetization — the total — quiet — \*\* — there is a problem that the record magnetization in a 1-bit cel will disappear.

[0007] In order to limit anisotropy energy  $Ku-V$  to a large value, decreasing the crystal grain child's volume V, it is possible to adopt the big thing of anisotropy energy Ku as a crystal grain child's ingredient. However, in the recording head currently used for the general present, a strong field which reverses magnetization of a crystal grain child with the anisotropy energy Ku big such cannot be generated. Therefore, there is a problem expressed by the ratio of the magnitude of the playback output of the newly recorded magnetic information to the playback output of the magnetic information which remains in addition at the time of re-record of magnetic

information that the over-writing property (O/W) of a magnetic storage medium gets worse.

[0008] While it is possible for this invention to record information with high recording density in view of the above-mentioned situation, and to reproduce the information by the high signal quality (high S/Nm), though reinforcement of the information currently recorded is attained, an over-writing property aims at offering a good magnetic storage medium.

[0009]

[Means for Solving the Problem] The magnetic storage medium of this invention which attains the above-mentioned purpose (1) It has the recording layer the easy axis of two or more of the crystal grain objects comes to carry out orientation in parallel with a layer while coming to distribute two or more crystal grain objects which consist of a ferromagnetic ingredient into an ingredient substrate (2) nonmagnetic

[ nonmagnetic ]. It is the grain of the shape of a column the height of whose is 30nm or less, respectively while piercing through the field of the recording layer of two or more crystal grain objects distributed by the recording layer, and the average of the particle size of the field inboard of the recording layer of two or more of the crystal grain objects is 15nm or less. Furthermore, further Boltzmann's constant  $k_B$  (unit :  $(K_u-V)/(k_B-T)$  which is the ratio of the product of  $\text{erg/K}$ ), the average  $K_u$  (unit:  $\text{erg/cm}^3$ ) of the anisotropy energy of two or more of the crystal grain objects over the product of temperature  $T$  (unit:  $K$ ), and the average  $V$  of the volume of two or more of the crystal grain objects (unit:  $\text{cm}^3$ ) is 60 or more. And it is characterized by the average  $H_k$  of the anisotropy field of each of two or more of the crystal grain objects being 10 or less kOes.

[0010] A magnetic storage medium which has the recording density exceeding 2 10 Gbit/inch as a next-generation magnetic storage medium is desired. The magnitude of the 1-bit cel of the magnetic storage medium which has the recording density of 2 10 Gbit(s)/inch is about 100nm $\times$ 600nm.

[0011] The magnetic storage medium of this invention has the next property, when it has the 1-bit cel of such magnitude. In addition, for details, an operation gestalt explains. First, this magnetic storage medium shows 25dB or more high S/Nm which can reproduce that magnetic information memorized with high accuracy by the average of the particle size of two or more crystal grain objects of a recording layer being held down by 15nm or less. Moreover, this magnetic storage medium is pressed down below at magnitude predetermined in the width of face of a magnetization transition region, when two or more crystal grain objects of a recording layer have such a particle size and record layer thickness is stopped by 30nm or less, and the resolution which is an index showing effectively recordable recording density is raised. Furthermore, the long life as which the magnetic information with which the heat fluctuation of magnetization of two or more crystal grain objects of each of a recording layer is suppressed by above-mentioned  $(K_u-V)/(k_B-T)$  being made or more into 60, and this magnetic storage medium is remembered to be by the recording layer is requested practically is guaranteed. Moreover, this magnetic storage medium shows good O/W, when the average  $H_k$  of the anisotropy field of two or more crystal grain objects of a recording layer is held down by 10 or less kOes.

[0012] What is necessary is just to decrease  $H_k$  further to make it the value which this O/W is raised further and is sufficient for practical use. However, generally the average  $K_u$  of the anisotropy energy of two or more of the crystal grain objects also decreases with reduction of the average  $H_k$  of the anisotropy field of two or more crystal grain objects. Therefore, when  $H_k$  is decreased too much, and  $K_u$  decreases, it will turn around limiting value called 60 which the value of above-mentioned  $(K_u-V)/(k_B-T)$  mentioned above the bottom. However, by the magnetic storage medium of this invention, two or more crystal grain objects of each of a recording layer are the grain of the shape of a column which pierces through the recording layer. Therefore, those crystal grain objects are making the average  $V$  of the volume increase by gaining the volume in the height direction compared with the case where the spherical crystal grain child is embedded in the recording layer. Though the value of above-mentioned  $(K_u-V)/(k_B-T)$  is maintained,  $K_u$  can also be decreased further, as a result the increment in the average  $V$  of the volume also decreases  $H_k$ .

[0013] Moreover, even if it is the same  $H_k$ , this magnetic storage medium carries out orientation of the magnetization of those crystal grain objects with the priority to the field inboard of a recording layer, in order that each crystal grain object of a recording layer may pierce through a recording layer. Thus, since the magnetization which is carrying out orientation tends to be reversed by the field of a head in the case of the re-writing of magnetic information, O/W of a magnetic storage medium improves further.

[0014] Thus, while the magnetic storage medium of this invention has high resolution, high S/Nm is shown, and while memorizing the magnetic information which has the die length of a life required further practically, O/W with high practical use level is shown.

[0015] As for the above-mentioned magnetic storage medium, it is desirable that the easy axis of two or more crystal grain objects of each, included in a recording layer, comes to carry out orientation to the circumferencial direction of the substrate of the shape of the disk while a substrate is a disk-like substrate.

[0016] Generally, the magnetic storage medium of high recording density is formed in the disk-like substrate, and the direction of the field of the head which records or reproduces magnetic information to the magnetic storage medium turns to the circumferencial direction of the substrate of the shape of the disk. If the easy axis of two or more crystal grain objects of each, included in a recording layer, carries out orientation to the circumferencial direction, the O/W of a magnetic storage medium will improve. Moreover, since the holding power  $H_c$  of that circumferencial direction increases and, as for a magnetic storage medium, the width of face of a magnetization transition region narrows by this orientation, that resolution is raised.

[0017] Moreover, as for the above-mentioned magnetic storage medium, it is desirable that the crystal grain object in a recording layer consists of an alloy containing Co and Pt.

[0018] Co is a ferromagnetic ingredient which has a uniaxial-crystal magnetic anisotropy while having the hexagonal crystal structure, and since it is easy to carry out orientation of the magnetization, it is suitable as an ingredient of a recording layer. Moreover, that holding power  $H_c$  is heightened and that resolution of the magnetic storage medium which has the crystal grain object set to this Co from the alloy which contains these elements by adding Pt improves.

[0019] Moreover, as for the above-mentioned magnetic storage medium, it is desirable that the nonmagnetic ingredient in a recording layer consists of oxide ceramics.

[0020] Since a metal and oxide ceramics do not dissolve, its separation of crystal grain objects which consists of a ferromagnetic ingredient in a recording layer by this magnetic storage medium is good. For this reason, that medium noise  $N_m$  is reduced and this magnetic storage medium shows high  $S/N_m$ .

[0021] Moreover, as for the above-mentioned magnetic storage medium, it is desirable to have the substrate layer which consists of a nonmagnetic ingredient between (3) substrates and a recording layer.

[0022] The orientation of magnetization of two or more of those crystal grain objects increases because the magnetic storage medium which has this substrate layer carries out heteroepitaxial growth of two or more crystal grain objects of a recording layer on this substrate layer, respectively.

[0023] It is desirable that the substrate layer consists of an alloy containing Cr by the magnetic storage medium which has the above-mentioned substrate layer.

[0024] The spacing of the field (110) of the alloy containing Cr which is the ingredient of a substrate layer is mostly in agreement with the spacing of the field (002) of the alloy containing Co and Pt which are the ingredient of the crystal grain object of a recording layer. Therefore, when two or more of those crystal grain objects carry out heteroepitaxial growth on the substrate layer, magnetization of these crystal grain objects carries out orientation with the priority to the field inboard of a recording layer.

[0025] the magnetic storage medium which has the substrate layer of the above (3) — (4) — it is desirable to have the interlayer who consists of a different nonmagnetic ingredient from the ingredient which adjoins the both sides of these substrates layer and a recording layer, and constitutes the substrate layer between the substrate layer and recording layer.

[0026] This interlayer is a layer which mediates a substrate layer and a recording layer, and when mediated by this interlayer, dispersion in the particle size of two or more crystal grain objects included in a recording layer decreases. Therefore, the magnetic storage medium which has this interlayer shows high  $S/N_m$ .

[0027] As for the magnetic storage medium which has the above-mentioned interlayer, it is desirable that the crystal grain object in the recording layer consists of an alloy containing Co and Pt, and the interlayer consists of an alloy containing Co and Cr further while the substrate layer consists of an alloy containing Cr.

[0028] Since the alloy containing such Co and Cr is the in-between ingredient of the alloy containing Co and Pt of a recording layer, and the alloy containing Cr of a substrate layer, it is suitable as an ingredient of the interlayer who mediates the recording layer and its substrate layer. Moreover, heteroepitaxial growth of two or more crystal grain objects of a recording layer is carried out good on this interlayer.

[0029] As for the magnetic storage medium which has the substrate layer of the above (3), it is desirable to have the seed layer which consists of a different ingredient from the ingredient which adjoins the both sides of these substrates and a substrate layer, and constitutes the substrate layer between (5) substrate and its substrate layer.

[0030] The front face of a substrate is coarse and the field of the substrate layer is graduated by pinching a seed layer between a substrate and a substrate layer. The orientation of magnetization of the crystal grain object of a recording layer improves by smoothing of this substrate layer.

[0031]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the operation gestalt of this invention is explained.

[0032] Before explaining the configuration of the magnetic storage medium of the operation gestalt of this invention, the conditions on four configurations required for the ferromagnetic crystal grain object included in the recording layer of the magnetic storage medium which has the high recording density exceeding 2 10 Gbit/inch desired as a next-generation magnetic storage medium are explained.

[0033] First, it is requested that this magnetic storage medium should have 25dB or more  $S/N_m$  which can reproduce that magnetic information memorized with high accuracy. On the occasion of practical use,  $S/N_m$  of this level is considered to be required at least. In order to evaluate  $S/N_m$  to the particle size  $D$  of the ferromagnetic crystal grain object in the recording layer of this magnetic storage medium (a unit is nm) Following reference "H. Neal Bertram and Hong Zhou and Roy Gustafson: "Signal to Noise Ratio Scaling and Density Limit Estimates in Longitudinal Magnetic Recording", IEEE Trans. Magn., Vol.34, p1845, and  $S/N_m$  given to June 1998." is used.

[0034]

[Equation 1]

$$S/N_m \approx \frac{0.31\gamma B^2 W}{\alpha^2 D^3}$$

[0035] Here, they are a multiplier  $\gamma=2$  and a multiplier  $\alpha=2$ . In addition, by this formula, it is assumed that two or more crystal grain objects of each hardly exert a magnetic interaction on each other mutually. The

bit length (die length of 1-bit cel) B of the magnetic storage medium which has the recording density of 2 10 Gbit(s)/inch is about 100nm, and the width-of-recording-track (width of face of 1-bit cel) W is about 600nm. S/Nm to the particle size D of a crystal grain object in the magnetic storage medium which has the 1-bit cel of such magnitude is shown in drawing 1.

[0036] Drawing 1 is a graph which shows S/Nm to the particle size D of a crystal grain object at the time of using as a model the magnetic storage medium which has the recording density of 2 10 Gbit/inch.

[0037] An axis of abscissa expresses the particle size D of a crystal grain object (nm), and an axis of ordinate expresses S/Nm (dB). The continuous line in a graph expresses S/Nm (dB) which the magnetic storage medium which has the recording layer which particle size becomes from two or more crystal grain objects which are D (nm) shows. S/Nm decreases in monotone from about 60dB to 15dB as the continuous line shows and particle size D increases from about 1nm to 30nm. In order to obtain 25dB or more S/Nm mentioned above, it is requested from this graph that particle size D should be 15nm or less. Moreover, if about 30dB S/Nm demanded by the present signal processing is obtained, in addition, it is good, and for that purpose, it is more desirable that particle size D is 10nm or less so that this graph may show.

[0038] Moreover, the high level of resolution is also important for the magnetic storage medium which has the high recording density exceeding 2 10 Gbit/inch. The factor by the side of the medium which determines resolution is the magnitude of the width of face a of a magnetization transition region, and the dependency over the record layer thickness delta is expressed with several 2.

[0039]

[Equation 2]

$$a = \left[ \frac{4M_r \delta \left( d + \frac{\delta}{2} \right)}{H_c} \right]^{1/2}$$

[0040] Here, the residual magnetization consistency Mr of a recording layer takes the magnetic spacing d showing the distance of 500 emu(s)/cc, a head, and a recording layer with 30nm, and takes holding power Hc with 2500Oe(s). Any value is set to the magnetic storage media which have the recording density of 2 10 Gbit (s)/inch. The magnitude of the width of face a of the magnetization transition region to record layer thickness delta in this case is shown in drawing 2.

[0041] Drawing 2 is a graph which shows the magnitude of the width of face a of the magnetization transition region to record layer thickness delta at the time of using as a model the magnetic storage medium which has the recording density of 2 10 Gbit/inch.

[0042] An axis of abscissa expresses record layer thickness delta (nm), and an axis of ordinate expresses width-of-face [ of a magnetization transition region ] a (nm). The continuous line in a graph expresses width-of-face [ of the magnetization transition region which the magnetic storage medium which has the recording layer in case record layer thickness is delta (nm) shows ] a (nm). As the continuous line shows, it follows on thickness delta increasing from 0nm to 40nm, and the width of face a of a magnetization transition region increases in monotone from 0nm to 40nm.

[0043] Generally, it is thought that this magnetization transition region width of face a can be narrowed to about 2 times of the diameter D of crystal grain by experiment etc., and the width of face a of the magnetization transition region of the recording layer of the magnetic storage medium which has the crystal grain object whose particle size D is 15nm is narrowed to 30nm. And in order to obtain high resolution, as for the magnetic storage medium by which the particle size D mentioned above has a crystal grain object 15nm or less, it is desirable that the width of face a of the magnetization transition region of the recording layer is 30nm at the maximum. Therefore, it is requested that that record layer thickness delta should be 30nm or less so that this graph may show. Since width of face a of a magnetization transition region 20nm or less is desired when based on the particle size D of 10nm mentioned above, if this record layer thickness delta is 15nm or less as this graph shows, in addition, it is good.

[0044] Moreover, this magnetic storage medium is requested to have a life with the magnetic long information borne by magnetization of the crystal grain object in a recording layer. as [ mentioned / above ] -- the life is so long that (Ku-V)/(kB-T) is large. From this viewpoint, as for (Ku-V)/(kB-T), it is desirable that they are 60 or more values, and if it is this value, this magnetic storage medium is compensated by the technique of re-writing at predetermined time spacing, and can hold that magnetic information. It is carried by reference "Pu-Ling Lu and Stanley H. Charap, "Thermal instability at 10Gbit/in<sup>2</sup> magnetic recording". IEEE Trans. Magn., vol.30, no.6, Nov.1994" about this.

[0045] Moreover, it is important for this magnetic storage medium that good O/W is shown. The limitation of the write-in field of the magnetic head which writes in magnetic information is restricted by the saturation magnetization reinforcement Bs of a head ingredient. It is 2T (equivalent to 20kOe) extent with an ingredient with highest Bs, and it is thought possible to generate the write-in field of 10kOe extent with such an ingredient. Therefore, in order to show good O/W, as for this magnetic storage medium, it is desirable that the

average Hk of the anisotropy field of two or more crystal grain objects of that recording layer is held down by 10 or less kOes.

[0046] The operation gestalt of this invention with which the above four conditions are filled is explained.

[0047] Drawing 3 is drawing showing the cross-section structure of the magnetic storage medium of the 1st operation gestalt of this invention.

[0048] This magnetic storage medium is constituted by the substrate 1, the substrate layer 2, the recording layer 3, and the protective layer 4. As for a substrate 1, NiP plating is performed to an aluminum disk substrate. A substrate 1 is adjoined, the substrate layer 2 with a thickness of 50nm is formed, and the recording layer 3 with a thickness of 15nm is further formed in the upper part of the substrate layer 2.

[0049] It comes to arrange two or more ferromagnetic crystal grain objects 3\_1 with which a recording layer 3 consists of an alloy of a presentation of Co80Pt15Cr5 (at%) in SiO2 matrix 3\_2. This crystal grain object 3\_1 is the grain of the shape of a cylinder to which the average of that particle size is about 12nm, and pierces through this recording layer 3 whose average of that height is 15nm of the thickness of a recording layer 3 in the direction of thickness. In a recording layer 3, this crystal grain object 3\_1 and SiO2 matrix 3\_2 occupy 50% of volume, respectively. In addition, oxide ceramics other than SiO2 may be used as a non-magnetic material of a recording layer 3. Moreover, all presentations of an alloy are expressed with at% below.

[0050] Co80Pt15Cr5 which constitutes the crystal grain object 3\_1 is a hexagonal alloy in which ferromagnetism is shown, and the magnetization has a uniaxial-crystal magnetic anisotropy in the direction perpendicular to a field (001).

[0051] SiO2 matrix 3\_2 which divides this crystal grain object 3\_1 is a nonmagnetic oxide, and since a metal and oxide ceramics do not dissolve, it is good. [ of separation of crystal grain object 3\_1 / in / with the magnetic storage medium which has this configuration / a recording layer ]

[0052] The substrate layer 2 plays the role which mediates a recording layer 3 and a substrate 1. The substrate layer 2 is formed with the alloy which has the body-centered cubic structure of a presentation of Cr50Mo50 (at%). Since the spacing of the field (110) of Cr is close to the spacing of the field (002) of the CoPt alloy of the crystal grain object 3\_1, it adjoins on the substrate layer 2 and the crystal grain object 3\_1 carries out heteroepitaxial growth. Therefore, orientation of the magnetization of the crystal grain object 3\_1 which adjoins the substrate layer 2 and is formed is carried out with the priority to the field inboard of a recording layer 3. In addition, as an ingredient of a substrate layer, it may be desirable to use Cr alloy and they may be Cr alloys other than Cr50Mo50. In addition, the alloy containing V, Mo, W, or nickel, an oxide, or a nitride may be used as an ingredient of a substrate layer.

[0053] The above-mentioned magnetic storage medium adjoins the upper part of a recording layer 3, and has the protective layer 4 with a thickness of 10nm. A protective layer 4 consists of hard carbon, and protects a recording layer 3.

[0054] Each class which constitutes this magnetic storage medium is formed by sputtering. The conditions of sputtering are shown in Table 1.

[0055]

[Table 1]

材料	Ar pressure (mTorr)	Ts (°C)	Sputtering Power (kW)	RF Bias (W)
CrMo	5	25	0.5 (DC)	0
CoPtCr-SiO <sub>2</sub>	5	25	0.2 (RF)	20
C	10	25	1.0 (DC)	0

[0056] SiO2 and C are indicated to be the CrMo alloy and CoPtCr alloy which are the ingredient of the substrate layer 2, a recording layer 3, and a protective layer 4, respectively to the leftmost column. RF bias power (W) by which a seal of approval is carried out is shown in the pressure (mTorr) of Ar at the time of carrying out sputtering of the target which becomes from each of those ingredients at order, the substrate temperature Ts (degree C), DC or the sputtering power (kW) of RF, and a substrate 1 on the right-hand side of each of those column. First, the pressure of Ar forms the substrate layer 2 which consists of Cr50Mo50 with DC sputtering power 5mTorr(s) and whose substrate temperature Ts are 25 degrees C and 0.5kW. The seal of approval of the RF bias power is not carried out to a substrate. next, Co80Pt15 — 5mTorr(s) and the substrate temperature Ts carry out [ pressure / of Ar / power / 25 degrees C and ] coincidence discharge of a CoPtCr target and the SiO2 target by RF sputtering which is 0.2kW, and the recording layer 3 which consists of Cr5 and SiO2 forms membranes as CoPtCr-SiO2 composite film. RF bias power is impressed to a substrate in that case, and a detailed deposit of the crystal grain object 3\_1 is promoted in SiO2 matrix 3\_2. And the pressure of Ar forms the protective layer 4 which consists of C with DC sputtering power 10mTorr(s) and whose substrate temperature Ts are 25 degrees C and 1.0kW. The seal of approval of the RF bias power is not carried out to a substrate.

[0057] The property of this magnetic storage medium is compared with the conventional granular medium. Drawing 4 shows the configuration of the conventional granular medium before that.

[0058] Drawing 4 is drawing showing the cross-section configuration of the conventional granular medium.

[0059] This conventional granular medium places and differs from the above-mentioned magnetic storage medium at a point without a substrate layer, and the point that the configurations of a recording layer differ.



The protective layer is the same as the protective layer 4 of the above-mentioned magnetic storage medium, and the substrate is the same except for the substrate 1 and thickness of the above-mentioned magnetic storage medium. However, change of the thickness of a substrate hardly affects the property of a magnetic storage medium.

[0060] The thickness is 20nm and a recording layer 5 consists of two or more spherical crystal grain objects 5\_1 and SiO<sub>2</sub> matrix 5\_2. Those crystal grain objects 5\_1 consist of an alloy of a presentation of Co<sub>80</sub>Pt<sub>20</sub> (at%) in which ferromagnetism is shown. The average of the particle size of these crystal grain objects 5\_1 is about 12nm, and this crystal grain object 5\_1 and SiO<sub>2</sub> matrix 5\_2 occupy 50% of volume in a recording layer 5, respectively. Moreover, while coming to distribute the spherical crystal grain object 5\_1 of these plurality in SiO<sub>2</sub> matrix 5\_2, most of those crystal grain objects 5\_1 have all those front faces covered with this SiO<sub>2</sub> matrix 5\_2, respectively. Therefore, heteroepitaxial growth of these crystal grain objects 5\_1 is not carried out, but most orientation of the magnetization is directions, such as a three dimension. In addition, a recording layer 5 is formed on the same sputter conditions as the time of setting aside the presentation and thickness and forming the recording layer 3 of the 1st operation gestalt. In addition, it was formed so that this conventional granular medium might also fulfill the four above-mentioned condition for the comparison with the magnetic storage medium of the 1st operation gestalt.

[0061] With this conventional magnetic storage medium, the measurement result of the static magnetism property of the magnetic storage medium of the 1st operation gestalt mentioned above and a magnetic parametric performance is explained using Table 2.

[0062]

[Table 2]

媒体	$S_{iso}/N_m$ (dB)	$H_k$ (kOe)	$H_c$ (kOe)	$D_{50}$ (kFCI)	$(K_u V)/(k_B T)$	O/W (dB)
従来媒体	28	10	2.0	115	84	20
第1の媒体	28	7	2.2	130	85	30

[0063] The class of medium is shown in the leftmost column. There are [ at a table ] the 1st medium and a magnetic storage medium of a certain 1st operation gestalt in the class of medium conventionally in a medium, a certain conventional granular medium, and a table. Various kinds of measurement results performed to those media are shown in the right-hand side of each of those column. The measured amounts are D<sub>50</sub> (kFCI) showing the average H<sub>k</sub> (kOe), the holding power H<sub>c</sub> of a medium (kOe), and resolution of an anisotropy field of S<sub>iso</sub>/Nm and two or more crystal grain objects, (K<sub>u</sub>V)/(k<sub>B</sub>T), and O/W (dB), as shown in the maximum upper case of a table in order. In addition, two or more kinds of measurement results of two media are shown by following Table 3 - 5 as well as Table 2.

[0064] S<sub>iso</sub>/Nm is a ratio with the medium noise Nm at the time of reproducing the magnetic information recorded with the output signal reinforcement S<sub>iso</sub> at the time of reproducing the magnetic information on a solitary-wave condition with the low track recording density near the 0kFCI (kilo Flux Changes per Inch), and the track recording density of 160kFCI. It evaluated using the MR head with a core width of face of 1.5 micrometers S<sub>iso</sub>/Nm to both the above-mentioned media. Both the media of both of the conventional granular medium and the magnetic storage medium of this 1st operation gestalt showed high S<sub>iso</sub> 25dB or more/Nm of 28dB. Since two or more crystal grain objects included in the recording layer of which this medium are also divided by each and do not do a magnetic interaction mutually, one of the reason of this is because dispersion in magnetization in the magnetization transition region of that recording layer is small and the medium noise Nm of a magnetic storage medium which has that recording layer is low. Another reason has the average of the particle size of two or more crystal grain objects included in the medium in 12nm and a small thing also in which the above-mentioned medium.

[0065] Next, about the average H<sub>k</sub> of the anisotropy field of two or more crystal grain objects of each, the conventional granular medium showed 10kOe(s), and the magnetic storage medium of the 1st operation gestalt showed 7kOe(s). The difference in the value of this anisotropy field originates in the difference in the presentation of the crystal grain object of both these media.

[0066] And about holding power H<sub>c</sub>, the conventional granular medium showed 2kOe(s), and the magnetic storage medium of the 1st operation gestalt showed 2.2kOe(s). The magnetic storage medium of the 1st operation gestalt has the average H<sub>k</sub> of an anisotropy field smaller than the conventional granular medium, as stated immediately in the top. However, the magnetic storage medium of the 1st operation gestalt is larger than the conventional granular medium about orientation, in order that each crystal grain object of the recording layer may pierce through a recording layer, as mentioned above. Therefore, both the above-mentioned media showed the comparable holding power H<sub>c</sub>.

[0067] Next, D<sub>50</sub> is described. The playback output at the time of the more nearly magnetic information generally recorded with high track recording density reproducing the magnetic information decreases. D<sub>50</sub> expresses the track recording density on which the magnetic information which shows the playback output of the value of the one half of the playback output of the magnetic information recorded with the track recording density of 0kFCI was recorded. The conventional granular medium showed 115kFCI(s) and, as for these D<sub>50</sub>, the magnetic storage medium of the 1st operation gestalt showed 130kFCI(s). Since both media had a thin recording layer 30nm or less, D<sub>50</sub> [ high in this way ] was shown.

[0068] Next, (K<sub>u</sub>V)/(k<sub>B</sub>T) showed the value [ medium / conventional / granular ] 84, and the magnetic



storage medium of the 1st operation gestalt showed the value 85. Since the average  $H_k$  of an anisotropy field is smaller than the conventional granular medium, the average  $K_u$  of anisotropy energy is also small, however two or more crystal grain objects of each of a recording layer 3 are pillar-shaped, the volume has been gained to the magnetic storage medium of the 1st operation gestalt in the height direction, and compared with the spherical crystal grain child of the same particle size, the average  $V$  of the volume of those crystal grain objects is increasing it. Therefore, both the above-mentioned media showed comparable  $(K_u-V)/(kB-T)$ .

[0069] The magnetic storage medium of the 1st operation gestalt showed the remarkable high value 30 to the last, to the conventional granular medium having shown the value 20, as for O/W. In order that each crystal grain object of the recording layer may pierce through a recording layer, the magnetic storage medium of the 1st operation gestalt carries out orientation of the magnetization of those crystal grain objects with the priority to the field inboard of a recording layer, while having the average  $H_k$  of a small anisotropy field. Thus, since the small magnetization of an anisotropy field which is carrying out orientation tends to be reversed by the field of a head in the case of the re-writing of magnetic information, O/W of the magnetic storage medium of the 1st operation gestalt showed the high value.

[0070] As explained above, while the magnetic storage medium of the 1st operation gestalt of this invention has high resolution, high S/Nm is shown, and while memorizing the magnetic information which has the die length of a life required further practically, O/W with high practical use level is shown.

[0071] since he will cause increase of a medium noise if the crystal grain child 3\_1 has the part of \*\*, and a dense part, in order that [ in addition, ] arranging to homogeneity may be desirable and it may increase the playback output — the maximum — to arrange by the coordination which becomes dense is desired.

[0072] Next, the 2nd operation gestalt of this invention is explained.

[0073] Drawing 5 is drawing showing the configuration of the magnetic storage medium of the 2nd operation gestalt of this invention.

[0074] The magnetic storage medium of this 2nd operation gestalt differs from the magnetic storage medium of the 1st operation gestalt only in the point that the texture is prepared in the substrate 1\_2. The texture is formed in the shape of [ of 15A spacing extended to the circumferential direction of the disk of a substrate 1\_2 ] a stripe. An easy axis carries out orientation of the magnetization of two or more crystal grain children in a recording layer 3 with the priority to the circumferential direction of that substrate 1\_2 by formation of this texture.

[0075] The measurement result of the static magnetism property of the magnetic storage medium of this 2nd operation gestalt and a magnetic parametric performance is explained using Table 3. The result of the same measurement of the magnetic storage medium of the 1st operation gestalt is also described for a comparison.

[0076]

[Table 3]

媒体	$S_{iso}/N_m$ (dB)	$H_c$ [周] (kOe)	$H_c$ [径] (kOe)	$D_{10}$ (kFCI)	O/W (dB)
第1の媒体	28	2.2	2200	130	30
第2の媒体	29	2.5	2100	140	35

[0077] D50 (kFCI) showing the holding power  $H_c$  (kOe), the holding power  $H_c$  of the direction of a path of a medium (kOe), and resolution of a hoop direction of  $S_{iso}/N_m$  to the 2nd medium and each magnetic storage medium of a certain 2nd operation gestalt and a medium and the measurement result of O/W (dB) are shown in a table at the 1st medium, the magnetic storage medium of the 1st [ certain ] operation gestalt, and a table. Compared with the magnetic storage medium of the 1st operation gestalt,  $S_{iso}/N_m$  of the magnetic storage medium of the 2nd operation gestalt improved from 28dB to 29dB, its holding power  $H_c$  of a hoop direction improved from 2.2kOe(s) to 2.5Oe(s), the holding power  $H_c$  of the direction of a path decreased from 2.2kOe(s) to 2.1kOe(s), and its D50 improved from 130kFCI(s) to 140kFCI(s), and its O/W improved from 30dB to 35dB. Improvement in the holding power  $H_c$  of this hoop direction and reduction of the holding power  $H_c$  of the direction of a path show that the easy axis of two or more crystal grain children in a recording layer 3 carried out orientation with the priority to the circumferential direction of that substrate 1\_2 by existence of a texture. The above-mentioned  $S_{iso}/N_m$ , D50, and improvement in O/W were brought about by this orientation.

[0078] In addition, although orientation of the easy axis was carried out by setting the texture of a hoop direction as a substrate 1\_2 with this 2nd operation gestalt, the magnetic storage medium of this invention may carry out orientation of the easy axis by the membrane stress by the membrane formation among a magnetic field and substrate heating at the time of membrane formation of a recording layer.

[0079] Next, the 3rd operation gestalt of this invention is explained.

[0080] Drawing 6 is drawing showing the configuration of the magnetic storage medium of the 3rd operation gestalt of this invention.

[0081] The magnetic storage medium of this 3rd operation gestalt differs from the magnetic storage medium of the 2nd operation gestalt only in the point of having the interlayer 6 whose thickness of a layer is 5nm, by nonmagnetic [ which adjoins both that layer and consists of an alloy of a presentation of Co50Cr50 (at%) ] while being located between the substrate layer 2 and a recording layer 3. This interlayer 6 is formed on the same sputtering conditions as the CrMo alloy shown in Table 1. When the TEM photograph of the magnetic storage medium of this 3rd operation gestalt and the magnetic storage medium of the 2nd operation gestalt was taken

and the particle size distribution of two or more ferromagnetic crystal grain children of both media was compared from that photograph, the standard deviation of the particle size of two or more crystal grain children of the magnetic storage medium of the 3rd operation gestalt was about 3.0nm smaller than the standard deviation of the particle size of two or more crystal grain children of the magnetic storage medium of the 2nd operation gestalt.

[0082] The measurement result of the static magnetism property of the magnetic storage medium of this 3rd operation gestalt and a magnetic parametric performance is explained using Table 4. The result of the same measurement of the magnetic storage medium of the 2nd operation gestalt is also described for a comparison.

[0083]

[Table 4]

媒体	$S_{iso}/N_m$ (dB)	$H_c$ [周] (kOe)	$D_{50}$ (kFCI)	O/W (dB)
第2の媒体	29	2.5	130	35
第3の媒体	30	2.5	140	35

[0084] D50 (kFCI) showing the holding power  $H_c$  (kOe) and resolution of a hoop direction of  $S_{iso}/Nm$  to the 3rd medium and each magnetic storage medium of a certain 3rd operation gestalt and a medium and the measurement result of O/W (dB) are shown in a table at the 2nd medium, the magnetic storage medium of the 2nd [certain] operation gestalt, and a table. Compared with the magnetic storage medium of the 2nd operation gestalt,  $S_{iso}/Nm$  of the magnetic storage medium of the 3rd operation gestalt improved from 29dB to 30dB. As for the holding power  $H_c$  of a hoop direction, both media showed 2.5kOe(s) and the value as 35dB with 140kFCI (s) and O/W same [D50]. The improvement in this  $S_{iso}/Nm$  is because it came to be distributed with small standard deviation by existence of an interlayer 6, as the particle size of two or more crystal grain objects included in the magnetic storage medium of the 3rd operation gestalt mentioned above.

[0085] In addition, although the magnetic storage medium of this 3rd operation gestalt used the alloy of a presentation of Co50Cr50 for the interlayer as an ingredient, the alloy, oxide, or nitride which becomes an interlayer from one or more kinds of elements of Co, Cr, Mo, Ta, V, and the W may be used for the magnetic storage medium of this invention. As for an interlayer, it is desirable in that case that a substrate layer is what consists of a different ingredient. And it is still more desirable to use the alloy containing Co and Cr which are the in-between ingredient of the ingredient which contains in an interlayer Cr of the substrate layer 2 which was used with this 3rd operation gestalt, and the ingredient containing Co of the crystal grain object of a recording layer 3.

[0086] Finally, the 4th operation gestalt of this invention is explained.

[0087] Drawing 7 is drawing showing the configuration of the magnetic storage medium of the 4th operation gestalt of this invention.

[0088] The magnetic storage medium of this 4th operation gestalt differs from the magnetic storage medium of the 3rd operation gestalt only in the point of having the seed layer 7 whose thickness of a layer is 5nm, by nonmagnetic [which adjoins both that layer and consists of Cr] while being located between a substrate 1\_2 and the substrate layer 2. This seed layer 7 is formed on the same sputtering conditions as the CrMo alloy shown in Table 1.

[0089] The measurement result of the static magnetism property of the magnetic storage medium of this 4th operation gestalt and a magnetic parametric performance is explained using Table 5. The result of the same measurement of the magnetic storage medium of the 3rd operation gestalt is also described for a comparison.

[0090]

[Table 5]

媒体	$S_{iso}/N_m$ (dB)	$H_c$ [周] (kOe)	$D_{50}$ (kFCI)	O/W (dB)
第3の媒体	30	2.5	140	35
第4の媒体	30	2.7	145	37

[0091] D50 (kFCI) showing the holding power  $H_c$  (kOe) and resolution of a hoop direction of  $S_{iso}/Nm$  to the 4th medium and each magnetic storage medium of a certain 4th operation gestalt and a medium and the measurement result of O/W (dB) are shown in a table at the 3rd medium, the magnetic storage medium of the 3rd [certain] operation gestalt, and a table. Compared with the magnetic storage medium of the 3rd operation gestalt, the holding power  $H_c$  of the magnetic storage medium of the 4th operation gestalt of a hoop direction improved from 2.5kOe(s) to 2.7Oe(s), and its D50 improved from 140kFCI(s) to 145kFCI(s), and its O/W improved from 35dB to 37dB. Moreover, both the above-mentioned media of both showed high  $S_{iso}/Nm$  of 30dB. Improvement in the holding power  $H_c$  of this hoop direction shows that the orientation of the easy axis of two or more crystal grain children in a recording layer 3 improved by existence of the seed layer 7. Orientation of those easy axes is carried out with the priority to the field inboard of a recording layer 3 here. Improvement in above-mentioned D50 and above-mentioned O/W was brought about by this orientation.

[0092] In addition, although the magnetic storage medium of this 4th operation gestalt used Cr for the seed layer as an ingredient, the alloy, oxide, or nitride which consists of one or more kinds of elements of Cr, Mo, Ta, V, and the W may be used for the magnetic storage medium of this invention as an ingredient of a seed layer.

As for a seed layer, it is desirable in that case to consist of a different ingredient from a substrate layer.

[0093] In addition, although the magnetic storage medium of this 4th operation gestalt used the alloy of a presentation of Co<sub>50</sub>Cr<sub>50</sub> for the interlayer as an ingredient like the magnetic storage medium of the 3rd operation gestalt, the alloy, oxide, or nitride which becomes an interlayer from one or more kinds of elements of Co, Cr, Mo, Ta, V, and the W may be used for the magnetic storage medium of this invention. As for an interlayer, it is desirable in that case that the ingredient of a substrate layer and the ingredient of a seed layer are what consists of a different ingredient. And it is still more desirable to use the alloy containing Co and Cr which are the in-between ingredient of the ingredient which contains in an interlayer Cr of the substrate layer 2 which was used with this 4th operation gestalt, and the ingredient containing Co of the crystal grain object of a recording layer 3.

[0094] Moreover, although the magnetic storage medium of this 4th operation gestalt had the interlayer 6 with the seed layer 7, the magnetic storage medium of this invention may be a configuration which does not contain an interlayer including a seed layer.

[0095]

[Effect of the Invention] As explained above, while it is possible to record information with high recording density, and to reproduce the information by the high signal quality (high S/Nm) according to this invention, though reinforcement of the information currently recorded is attained, an over-writing property can offer a good magnetic storage medium.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JP0 and NCIP1 are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the graph which shows S/Nm to the particle size D of a crystal grain object at the time of using as a model the magnetic storage medium which has the recording density of 2 10 Gbit(s)/inch.

[Drawing 2] It is the graph which shows the magnitude of the width of face a of the magnetization transition region to record layer thickness delta at the time of using as a model the magnetic storage medium which has the recording density of 2 10 Gbit(s)/inch.

[Drawing 3] It is drawing showing the cross-section structure of the magnetic storage medium of the 1st operation gestalt of this invention.

[Drawing 4] It is drawing showing the cross-section configuration of the conventional granular medium.

[Drawing 5] It is drawing showing the configuration of the magnetic storage medium of the 2nd operation gestalt of this invention.

[Drawing 6] It is drawing showing the configuration of the magnetic storage medium of the 3rd operation gestalt of this invention.

[Drawing 7] It is drawing showing the configuration of the magnetic storage medium of the 4th operation gestalt of this invention.

[Description of Notations]

- 1 1\_2 Substrate
- 2 Substrate Layer
- 3 Five Recording layer
- 3\_1, 5\_1 Crystal grain object
- 3\_2, 5\_2 SiO2 matrix
- 4 Protective Layer
- 6 Interlayer
- 7 Seed Layer

---

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) **公開特許公報 (A)**

(11)特許出願公開番号  
特開2000-276729  
(P2000-276729A)

(43)公開日 平成12年10月6日(2000.10.6)

(51)Int.Cl. <sup>1</sup>	識別記号	F I	テマコード(参考)
G 1 1 B	5/66	G 1 1 B	5D 0 0 6
	5/64		C 5 D 1 1 2
	5/85		C 5 E 0 4 9
H 0 1 F	10/16	H 0 1 F	
	10/30		
		審査請求 未請求 請求項の数9	OL (全 11 頁)

(21)出願番号	特願平11-77739	(71)出願人	000005223 富士通株式会社 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
(22)出願日	平成11年3月23日(1999.3.23)	(72)発明者	貝津 功剛 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
		(72)発明者	佐藤 久輝 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
		(74)代理人	100094330 弁理士 山田 正紀

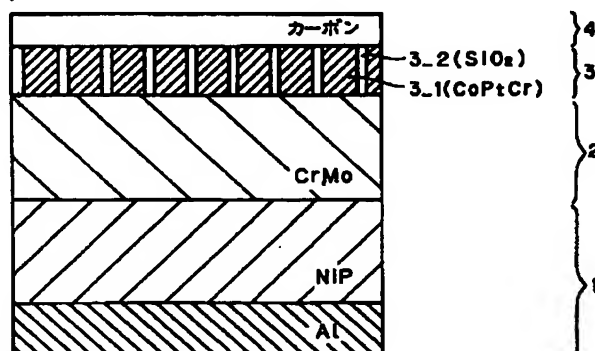
## 最終頁に絞く

(54) 【発明の名称】 磁気記憶媒体

(57) 【要約】

【課題】 高記録密度で情報を記録し、かつその情報を高い信号品質（ $HS/N_m$ ）で再生することが可能であるとともに、記録されている情報の長寿命化が図られながらもオーバーライト特性が良好な磁気記憶媒体を提供する。

【解決手段】 非磁性の基板 1 上に記録層 3 を有し、記録層 3 は非磁性のマトリックス 3\_\_2 と、非磁性のマトリックス 3\_\_2 中に分散されるとともに強磁性を示す柱状で記録層 3 を貫く複数の結晶粒体 3\_\_1 とからなり、それらの結晶粒体 3\_\_1 は、その平均の高さが 30 nm 以下であり層の面内方向の平均粒径が 15 nm 以下であるとともに  $(K_u \cdot V) / (k_B \cdot T)$  が 60 以上でありかつ平均の異方性磁界  $H_K$  が 10 kOe 以下である。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 非磁性の基板と、非磁性の材料中に強磁性の材料からなる複数の結晶粒体が分散されてなるとともに該複数の結晶粒体の磁化容易軸が層に平行に配向してなる記録層とを有する磁気記憶媒体において、前記記録層に分散された複数の結晶粒体のそれぞれが、該記録層の面を貫くとともにその高さが30nm以下である柱状の粒体であって該複数の結晶粒体の該記録層の面内方向の粒径の平均値が15nm以下であり、さらにボルツマン定数 $k_B$ （単位： $\text{erg/K}$ ）と温度 $T$ （単位： $\text{K}$ ）の積に対する該複数の結晶粒体の磁気異方性エネルギーの平均値 $K_U$ （単位： $\text{erg/cm}^3$ ）と該複数の結晶粒体の体積の平均値 $V$ （単位： $\text{cm}^3$ ）の積の比である $(K_U \cdot V) / (k_B \cdot T)$ が60以上であり、かつ該複数の結晶粒体それぞれの異方性磁界の平均値 $H_K$ が10kOe以下であることを特徴とする磁気記憶媒体。

【請求項2】 前記基板がディスク状の基板であるとともに、前記記録層に含まれる複数の結晶粒体それぞれの磁化容易軸が該ディスク状の基板の円周方向に配向してなることを特徴とする請求項1記載の磁気記憶媒体。

【請求項3】 前記記録層中の結晶粒体が、CoおよびPtを含む合金からなることを特徴とする請求項1記載の磁気記憶媒体。

【請求項4】 前記記録層中の非磁性の材料が、酸化物セラミックスからなることを特徴とする請求項1記載の磁気記憶媒体。

【請求項5】 前記基板と前記記録層との間に、非磁性の材料からなる下地層を有することを特徴とする請求項1記載の磁気記憶媒体。

【請求項6】 前記下地層が、Crを含む合金からなることを特徴とする請求項5記載の磁気記憶媒体。

【請求項7】 前記下地層と前記記録層との間に、これら下地層と記録層との双方に隣接して、該下地層を構成する材料とは異なる非磁性の材料からなる中間層を有することを特徴とする請求項5記載の磁気記憶媒体。

【請求項8】 前記下地層が、Crを含む合金からなるとともに、前記記録層中の結晶粒体が、CoおよびPtを含む合金からなり、さらに前記中間層が、CoおよびCrを含む合金からなることを特徴とする請求項7記載の磁気記憶媒体。

【請求項9】 前記基板と前記下地層との間に、これら基板と下地層との双方に隣接して、該下地層を構成する材料とは異なる材料からなるシード層を有することを特徴とする請求項5記載の磁気記憶媒体。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、情報の記録再生を行うための磁気ディスク装置に好適な磁気記憶媒体に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 情報処理装置で扱われる記録情報の増加に伴って、この情報処理装置の外部記憶装置として使用される磁気記憶装置は、コンパクトであるとともにますます記憶容量の大きなものが要求されている。そのために磁気記憶装置には、高い記録密度で記録することが自在な磁気記憶媒体が必要とされる。しかし、従来の磁気記憶媒体では、高い記録密度で磁気情報が記録されるほど、その記録された磁気情報の再生信号に対する $S/N_m$ が低下すること（再生信号の出力 $S$ に対して媒体ノイズ $N_m$ が増大すること）が知られている。

【0003】 一般に、磁気記憶媒体は磁気情報が記録される記録層を有し、1ビットの磁気情報は、その記録層の1ビットセル内に存在する複数の強磁性を示す結晶粒子の各々の磁化の集合からなる全磁化の方向によって示される。この1ビットセル内の磁化は、磁気情報が記録された状態ではほぼ1方向に揃うと考えてよい。しかし、隣りの1ビットセルの磁化がこの方向と逆の方向に揃っている場合には、それらの隣り合う1ビットセルどうしの境界付近で、ある幅を持ち、互いに逆方向を向く磁化がジグザグに入り交じる領域（磁化遷移領域）が生ずる。上述した媒体ノイズが発生する原因の1つは、この磁化遷移領域での磁化のばらつきにある。

【0004】 この磁化のばらつきは、強磁性を示す結晶粒子の間の磁気的な相互作用に起因して生ずることが知られている。本発明者等は、この磁気的な相互作用が弱められた媒体として、グラニユラ磁気記憶媒体を提案した（特願平07-160437号）。このグラニユラ磁気記憶媒体は、FeもしくはFe系の合金あるいはCoもしくはCo系の合金からなる複数の強磁性の結晶粒子が、これらの合金とは非固溶な非磁性の物質中に分散して互いに孤立してなる記録層を有するものである。このようにこれらの複数の結晶粒子が互いに孤立することによりそれらの強磁性の結晶粒子の間の磁気的な相互作用がほぼ完全に分断され、この結果、この磁化遷移領域での磁化のばらつきに起因する媒体ノイズが低減させられる。

【0005】 また、媒体ノイズは結晶粒子の粒子サイズのばらつきによっても発生する。再生出力は1ビットセル内の結晶粒子の体積の総和に比例すると考えられる。そのため、1ビットセル内の平均粒子サイズが大きくなるとその粒子サイズのばらつきも大きくなり、結果として再生出力のばらつきが大きくなって媒体ノイズも増大する。したがって、磁気記憶媒体の記録層において結晶粒子の粒子サイズがより小さくなるよう調整されることで、この磁気記憶媒体の媒体ノイズ $N_m$ はさらに低減されて、 $S/N_m$ が向上すると考えられる。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、磁気的な相互作用が分断されて磁気的に孤立している強磁性の結晶粒

子に記録された磁化は、粒子サイズが小さければ小さいほど、その磁化を所定方向へ安定化させる異方性エネルギー $K_u \cdot V$ （磁気異方性エネルギー $\times$ 粒子の体積）が小さくなる。この異方性エネルギー $K_u \cdot V$ が小さくなると熱の影響で磁化の方向が揺らぐ熱揺らぎ現象が生ずる。そのため、粒子サイズが所定のサイズ以下になると、室温であっても各粒子の磁化に熱揺らぎ現象が生じて、強磁性の結晶粒子の磁化の総和からなる1ビットセル内の記録磁化が消えてしまうという問題がある。

【0007】その結晶粒子の体積 $V$ を減少させながら異方性エネルギー $K_u \cdot V$ を大きい値にとどめるために、結晶粒子の材料として磁気異方性エネルギー $K_u$ の大きなものを採用することが考えられる。しかし、現在一般に使用されている記録ヘッドでは、そのように大きな磁気異方性エネルギー $K_u$ を持つ結晶粒子の磁化を反転させるような強い磁界を発生させることができない。そのため、磁気情報の再記録時になお残留している磁気情報の再生出力に対する新たに記録された磁気情報の再生出力の大きさの比によって表される、磁気記憶媒体のオーバーライト特性（ $O/W$ ）が悪化するという問題がある。

【0008】本発明は上記事情に鑑み、高記録密度で情報を記録し、かつその情報を高い信号品質（高 $S/N_m$ ）で再生することが可能であるとともに、記録されている情報の長寿命化が図られながらもオーバーライト特性が良好な磁気記憶媒体を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成する本発明の磁気記憶媒体は、

（1）非磁性の基板

（2）非磁性の材料中に強磁性の材料からなる複数の結晶粒体が分散されてなるとともにその複数の結晶粒体の磁化容易軸が層に平行に配向してなる記録層とを有し、さらに、記録層に分散された複数の結晶粒体のそれぞれが、その記録層の面を貫くとともにその高さが30nm以下である柱状の粒体であってその複数の結晶粒体のその記録層の面内方向の粒径の平均値が15nm以下であり、さらに、ボルツマン定数 $k_B$ （単位： $e r g / K$ ）と温度 $T$ （単位： $K$ ）の積に対するその複数の結晶粒体の磁気異方性エネルギーの平均値 $K_u$ （単位： $e r g / c m^3$ ）とその複数の結晶粒体の体積の平均値 $V$ （単位： $c m^3$ ）の積の比である $(K_u \cdot V) / (k_B \cdot T)$ が60以上であり、かつその複数の結晶粒体それぞれの異方性磁界の平均値 $H_K$ が10kOe以下であることを特徴とする。

【0010】次世代の磁気記憶媒体として、10Gbit/inch<sup>2</sup>を超える記録密度を有する磁気記憶媒体が望まれている。10Gbit/inch<sup>2</sup>の記録密度を有する磁気記憶媒体の1ビットセルの大きさは100

nm $\times$ 600nm程度である。

【0011】本発明の磁気記憶媒体は、このような大きさの1ビットセルを有する場合、以下にあげる特性を有する。なお、詳細については実施形態で説明する。まず、記録層の複数の結晶粒体の粒径の平均値が15nm以下に抑えられることで、この磁気記憶媒体はその記憶される磁気情報を高い正確さで再生できる25dB以上の高い $S/N_m$ を示す。また、この磁気記憶媒体は、記録層の複数の結晶粒体がそのような粒径を有する場合、記録層の厚さが30nm以下に抑えられることにより磁化遷移領域の幅が所定の大きさ以下に抑えられて、有効に記録できる記録密度を表す指標である分解能が高められる。さらに、この磁気記憶媒体は、上記 $(K_u \cdot V) / (k_B \cdot T)$ が60以上にされることで記録層の複数の結晶粒体それぞれの磁化の熱揺らぎが抑えられ、記録層に記憶される磁気情報は、実用上要請される長い寿命が保証される。また、この磁気記憶媒体は、記録層の複数の結晶粒体の異方性磁界の平均値 $H_K$ が10kOe以下に抑えられることにより、良好な $O/W$ を示す。

【0012】この $O/W$ をさらに向上させて実用に足る値にするには $H_K$ をいっそう減少させればよい。ただし、一般に複数の結晶粒体の異方性磁界の平均値 $H_K$ の減少とともにその複数の結晶粒体の磁気異方性エネルギーの平均値 $K_u$ も減少する。そのため、 $H_K$ を減少させすぎると $K_u$ が減少することにより上記 $(K_u \cdot V) / (k_B \cdot T)$ の値が上述した60という制限値を下まわることになる。しかし、本発明の磁気記憶媒体では、記録層の複数の結晶粒体それぞれは、その記録層を貫く柱状の粒体である。そのため、それらの結晶粒体は、記録層の中に球状の結晶粒子が埋め込まれている場合と比べて、その高さ方向で体積を得ることによりその体積の平均値 $V$ を増加させている。その体積の平均値 $V$ の増加により、上記 $(K_u \cdot V) / (k_B \cdot T)$ の値を保ちながらもさらに $K_u$ も減少させることができ、ひいては $H_K$ をも減少させられる。

【0013】また、同じ $H_K$ であっても、この磁気記憶媒体は、記録層のそれぞれの結晶粒体が記録層を貫くためそれらの結晶粒体の磁化は記録層の面内方向に優先的に配向する。このように配向している磁化は、磁気情報の書き込みの際にヘッドの磁界により反転され易いため、磁気記憶媒体の $O/W$ はさらに向上する。

【0014】このように、本発明の磁気記憶媒体は、高い分解能を持つとともに高い $S/N_m$ を示し、さらに実用上必要な寿命の長さを有する磁気情報を記憶するとともに実用レベルの高い $O/W$ を示す。

【0015】上記磁気記憶媒体は、基板がディスク状の基板であるとともに、記録層に含まれる複数の結晶粒体それぞれの磁化容易軸がそのディスク状の基板の円周方向に配向してなることが好ましい。

【0016】一般に、高記録密度の磁気記憶媒体はディ



スク状の基板に形成されており、その磁気記憶媒体に磁気情報を記録もしくは再生するヘッドの磁界の方向はそのディスク状の基板の円周方向を向く。記録層に含まれる複数の結晶粒体それぞれの磁化容易軸がその円周方向に配向すると、磁気記憶媒体は、そのO/Wが向上する。また、この配向により、磁気記憶媒体は、その円周方向の保持力 $H_c$ が増大して磁化遷移領域の幅が狭まるためその分解能が高められる。

【0017】また、上記磁気記憶媒体は、記録層中の結晶粒体が、CoおよびPtを含む合金からなることが好ましい。

【0018】Coは六方晶の結晶構造を有するとともに一軸結晶磁気異方性を有する強磁性材料であって、その磁化が配向しやすいため記録層の材料として適している。また、このCoに、Ptを添加することにより、これらの元素を含む合金からなる結晶粒体を有する磁気記憶媒体は、その保持力 $H_c$ が高められてその分解能が向上する。

【0019】また、上記磁気記憶媒体は、記録層中の非磁性の材料が、酸化物セラミックスからなることが好ましい。

【0020】金属と酸化物セラミックスとは非固溶であるので、この磁気記憶媒体では、記録層における強磁性の材料からなる結晶粒体どうしの分離が良好である。このため、この磁気記憶媒体は、その媒体ノイズ $N_m$ が低減され、高い $S/N_m$ を示す。

【0021】また、上記磁気記憶媒体は、

(3) 基板と記録層との間に、非磁性の材料からなる下地層を有することが好ましい。

【0022】この下地層を有する磁気記憶媒体は、この下地層上に記録層の複数の結晶粒体をそれぞれヘテロエピタキシャル成長させることでその複数の結晶粒体の磁化の配向が増大する。

【0023】上記下地層を有する磁気記憶媒体では、その下地層が、Crを含む合金からなることが好ましい。

【0024】下地層の材料であるCrを含む合金の(110)面の面間隔は、記録層の結晶粒体の材料であるCoおよびPtを含む合金の(002)面の面間隔とほぼ一致する。そのため、その下地層の上でそれらの複数の結晶粒体がヘテロエピタキシャル成長することにより、これらの結晶粒体の磁化が記録層の面内方向に優先的に配向する。

【0025】上記(3)の下地層を有する磁気記憶媒体は、

(4) その下地層と記録層との間に、これら下地層と記録層との双方に隣接して、その下地層を構成する材料とは異なる非磁性の材料からなる中間層を有することが好ましい。

【0026】この中間層は下地層と記録層とを仲介する

層であり、この中間層によって仲介されることにより記録層に含まれる複数の結晶粒体の粒径のばらつきは減少する。そのため、この中間層を有する磁気記憶媒体は高い $S/N_m$ を示す。

【0027】上記中間層を有する磁気記憶媒体は、その下地層が、Crを含む合金からなるとともに、その記録層中の結晶粒体が、CoおよびPtを含む合金からなり、さらにその中間層が、CoおよびCrを含む合金からなることが好ましい。

【0028】このようなCoおよびCrを含む合金は、記録層のCoおよびPtを含む合金と下地層のCrを含む合金の中間的材料であるため、その記録層とその下地層を仲介する中間層の材料として適している。また、この中間層の上に記録層の複数の結晶粒体は良好にヘテロエピタキシャル成長する。

【0029】上記(3)の下地層を有する磁気記憶媒体は、

(5) 基板とその下地層との間に、これら基板と下地層との双方に隣接して、その下地層を構成する材料とは異なる材料からなるシード層を有することが好ましい。

【0030】基板は表面が粗く、基板と下地層の間にシード層を挟むことによりその下地層の面が平滑化される。この下地層の平滑化により記録層の結晶粒体の磁化の配向が向上する。

【0031】

【発明の実施形態】以下、本発明の実施形態について説明する。

【0032】本発明の実施形態の磁気記憶媒体の構成について説明する前に、次世代の磁気記憶媒体として望まれている、 $10\text{ Gbit/inch}^2$ を超える高い記録密度を有する磁気記憶媒体の記録層に含まれる強磁性の結晶粒体に必要な4つの構成上の条件について説明する。

【0033】まず、この磁気記憶媒体は、その記憶される磁気情報を高い正確さで再生できる25dB以上の $S/N_m$ を有することが要請される。実用に際して少なくともこの程度の $S/N_m$ が必要であると考えられている。この磁気記憶媒体の記録層中の強磁性の結晶粒体の粒径D(単位はnm)に対する $S/N_m$ を評価するために、次の文献「H. Neal Bertram, Hong Zhou and Roy Gustafson: "Signal to Noise Ratio Scaling and Density Limit Estimates in Longitudinal Magnetic Recording", IEEE Trans. Magn., Vol. 34, p1845, June 1998.」に与えられている $S/N_m$ の式を利用する。

【0034】

【数1】

$$S/N_m \sim \frac{0.31\gamma B^2 W}{\alpha^2 D^3}$$

【0035】ここで、係数 $\gamma=2$ 、係数 $\alpha=2$ である。なお、この式では、複数の結晶粒体それぞれは、お互いに磁気的な相互作用をほとんど及ぼし合わないと仮定されている。10Gbit/inch<sup>2</sup>の記録密度を有する磁気記憶媒体は、そのビット長（1ビットセルの長さ） $B$ は100nm程度であり、また、そのトラック幅（1ビットセルの幅） $W$ は600nm程度である。このような大きさの1ビットセルを有する磁気記憶媒体での、結晶粒体の粒径 $D$ に対する $S/N_m$ を図1に示す。

【0036】図1は、10Gbit/inch<sup>2</sup>の記録密度を有する磁気記憶媒体をモデルとした場合の、結晶粒体の粒径 $D$ に対する $S/N_m$ を示すグラフである。

【0037】横軸は、結晶粒体の粒径 $D$ （nm）を表し、縦軸は、 $S/N_m$ （dB）を表す。グラフ中の実線は、粒径が $D$ （nm）である複数の結晶粒体からなる記録層を有する磁気記憶媒体の示す $S/N_m$ （dB）を表す。その実線が示すように、粒径 $D$ が1nm程度から30nmまで増加するにつれて、 $S/N_m$ は、60dB程度から15dBまで単調に減少する。上述した、25dB以上の $S/N_m$ を得るためには、このグラフから、粒径 $D$ が15nm以下であることが要請される。また、現状の信号処理で要求される30dB程度の $S/N_m$ が得られればなおよく、そのためには、このグラフからわかるように、粒径 $D$ が10nm以下であることがより好ましい。

【0038】また、10Gbit/inch<sup>2</sup>を超える高い記録密度を有する磁気記憶媒体には、分解能の高さも重要である。分解能を決定する媒体側の要因は、磁化遷移領域の幅 $a$ の大きさであり、その記録層の厚さ $\delta$ に対する依存性が数2で表される。

【0039】

【数2】

$$a = \left[ \frac{4M_r \delta \left( d + \frac{\delta}{2} \right)}{H_c} \right]^{1/2}$$

【0040】ここで、記録層の残留磁化密度 $M_r$ は500emu/cc、ヘッドと記録層の距離を表す磁気スペーシング $d$ は30nm、そして保持力 $H_c$ は2500Oeととる。いずれの値も10Gbit/inch<sup>2</sup>の記録密度を有する磁気記憶媒体用に設定されている。この場合の記録層の厚さ $\delta$ に対する磁化遷移領域の幅 $a$ の大きさが図2に示される。

【0041】図2は、10Gbit/inch<sup>2</sup>の記録密度を有する磁気記憶媒体をモデルとした場合の、記録層の厚さ $\delta$ に対する磁化遷移領域の幅 $a$ の大きさを示すグラフである。

【0042】横軸は、記録層の厚さ $\delta$ （nm）を表し、縦軸は、磁化遷移領域の幅 $a$ （nm）を表す。グラフ中の実線は、記録層の厚さが $\delta$ （nm）であるときの、その記録層を有する磁気記憶媒体が示す磁化遷移領域の幅 $a$ （nm）を表す。その実線が示すように、厚さ $\delta$ が0nmから40nmまで増加するに伴って、磁化遷移領域の幅 $a$ は0nmから40nmまで単調に増大する。

【0043】一般に、実験などによりこの磁化遷移領域幅 $a$ は結晶粒径 $D$ の2倍程度まで狭めることができると考えられており、粒径 $D$ が15nmの結晶粒体を有する磁気記憶媒体の記録層の磁化遷移領域の幅 $a$ は30nmまで狭められる。そして、上述した粒径 $D$ が15nm以下の結晶粒体を有する磁気記憶媒体は、高い分解能を得るためにその記録層の磁化遷移領域の幅 $a$ が最大でも30nmであることが好ましい。そのため、このグラフからわかるように、その記録層の厚さ $\delta$ は30nm以下であることが要請される。上述した10nmの粒径 $D$ を基準にすると20nm以下の磁化遷移領域の幅 $a$ が望まれるので、この記録層の厚さ $\delta$ は、このグラフからわかるように15nm以下であればなお良い。

【0044】また、この磁気記憶媒体は、記録層中の結晶粒体の磁化によって担われる磁気情報が長い寿命を有することを要請される。上述したように、 $(K_u \cdot V) / (k_B \cdot T)$ が大きいほどその寿命は長い。この観点から、 $(K_u \cdot V) / (k_B \cdot T)$ は60以上の値であることが好ましく、この値であれば、この磁気記憶媒体は、所定時間間隔での再書き込みの技術により補われるなどしてその磁気情報を保持できる。これに関しては、文献「Pu-Ling Lu and Stanley H. Charap, "Thermal instability at 10Gbit/in<sup>2</sup> magnetic recording", IEEE Trans. Magn., vol. 30, no. 6, Nov. 1994」に掲載されている。

【0045】また、この磁気記憶媒体は良好なO/Wを示すことが重要である。磁気情報の書き込みを行う磁気ヘッドの書き込み磁界の限界は、ヘッド材料の飽和磁化強度 $B_s$ により制限される。最も $B_s$ が高い材料で2T（20kOeに相当）程度であり、このような材料で10kOe程度の書き込み磁界を発生させることが可能であると考えられている。そのため、この磁気記憶媒体

は、良好な $O/W$ を示すためにその記録層の複数の結晶粒体の異方性磁界の平均値 $H_k$ が $10\text{ kOe}$ 以下に抑えられることが好ましい。

【0046】以上の4つの条件を満たす、本発明の実施形態について説明する。

【0047】図3は、本発明の第1の実施形態の磁気記憶媒体の断面構造を示す図である。

【0048】この磁気記憶媒体は基板1と下地層2と記録層3と保護層4により構成されている。基板1はアルミニウムディスク基板にNiPメッキが施されたものである。基板1に隣接して $50\text{ nm}$ の厚さの下地層2が形成され、さらにその下地層2の上部に $15\text{ nm}$ の厚さの記録層3が形成される。

【0049】記録層3は、 $\text{Co}_{80}\text{Pt}_{15}\text{Cr}_5$  (at %)の組成の合金からなる複数の強磁性の結晶粒体3\_\_1が $\text{SiO}_2$ マトリックス3\_\_2中に配列されてなるものである。この結晶粒体3\_\_1は、その粒径の平均値が約 $12\text{ nm}$ であってその高さの平均値は記録層3の厚さの $15\text{ nm}$ である、この記録層3を膜厚方向に貫く円柱状の粒体である。記録層3では、この結晶粒体3\_\_1と $\text{SiO}_2$ マトリックス3\_\_2はそれぞれ50%の体積を占める。なお、記録層3の非磁性材料として $\text{SiO}_2$ 以外の酸化物セラミックスが用いられてもよい。また、以下では、合金の組成は全てat %で表される。

【0050】結晶粒体3\_\_1を構成する $\text{Co}_{80}\text{Pt}_{15}\text{Cr}_5$ は、強磁性を示す六方晶の合金であり、その磁化は(001)面に垂直な方向に一軸結晶磁気異方性を有する。

材料	Ar pressure (mTorr)	$T_s$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	Sputtering Power (kW)	RF Bias (W)
CrMo	5	25	0.5 (DC)	0
CoPtCr-SiO <sub>2</sub>	5	25	0.2 (RF)	20
C	10	25	1.0 (DC)	0

【0056】最左欄に、それぞれ下地層2、記録層3、および保護層4の材料である、CrMo合金、CoPtCr合金と $\text{SiO}_2$ 、およびCを示す。それらのそれぞれの欄の右側に順に、それらの材料それぞれからなるターゲットをスパッタリングする際の、Arの圧力(mTorr)、基板温度 $T_s$ ( $^{\circ}\text{C}$ )、DCあるいはRFのスパッタリング電力(kW)、および基板1に印可されるRFバイアス電力(W)を示す。まず、 $\text{Cr}_{50}\text{Mo}_{50}$ からなる下地層2は、Arの圧力が $5\text{ mTorr}$ 、基板温度 $T_s$ が $25^{\circ}\text{C}$ 、 $0.5\text{ kW}$ のDCスパッタリング電力で成膜する。基板にRFバイアス電力は印可されない。次に、 $\text{Co}_{80}\text{Pt}_{15}\text{Cr}_5$ と $\text{SiO}_2$ からなる記録層3は、CoPtCrターゲットと $\text{SiO}_2$ ターゲットを、Arの圧力が $5\text{ mTorr}$ 、基板温度 $T_s$ が $25^{\circ}\text{C}$ 、電力が $0.2\text{ kW}$ のRFスパッタリングで同時放電させてCoPtCr-SiO<sub>2</sub>コンポジット膜として成膜す

【0051】この結晶粒体3\_\_1を分断する $\text{SiO}_2$ マトリックス3\_\_2は、非磁性の酸化物であり、金属と酸化物セラミックスとは非固溶であるので、この構成を有する磁気記憶媒体では、記録層における結晶粒体3\_\_1どうしの分離が良好である。

【0052】下地層2は、記録層3と基板1とを仲介する役割を果たす。下地層2は $\text{Cr}_{50}\text{Mo}_{50}$  (at %)の組成の体心立方構造を有する合金により形成されている。Crの(110)面の面間隔は、結晶粒体3\_\_1のCoPt合金の(002)面の面間隔に近いので、下地層2の上に隣接して結晶粒体3\_\_1がヘテロエピタキシャル成長する。そのため、下地層2に隣接して形成される結晶粒体3\_\_1の磁化は記録層3の面内方向に優先的に配向する。なお、下地層の材料としては、Cr合金を用いることが好ましく、 $\text{Cr}_{50}\text{Mo}_{50}$ 以外のCr合金であつてもよい。その他に、下地層の材料として、V、Mo、W、あるいはNiを含む合金、または酸化物もしくは窒化物を用いてもよい。

【0053】上記磁気記憶媒体は、記録層3の上部に隣接して $10\text{ nm}$ の厚さの保護層4を有する。保護層4は硬質のカーボンからなり記録層3を保護するものである。

【0054】この磁気記憶媒体を構成する各層はスパッタリングによって成膜される。表1にスパッタリングの条件を示す。

【0055】

【表1】

る。その際基板にRFバイアス電力を印加し、 $\text{SiO}_2$ マトリックス3\_\_2中に結晶粒体3\_\_1の微細析出を促進させる。そして、Cからなる保護層4は、Arの圧力が $10\text{ mTorr}$ 、基板温度 $T_s$ が $25^{\circ}\text{C}$ 、 $1.0\text{ kW}$ のDCスパッタリング電力で成膜する。基板にRFバイアス電力は印可されない。

【0057】この磁気記憶媒体の特性を従来のグラニュラ媒体と比較する。その前に従来のグラニュラ媒体の構成を図4により示す。

【0058】図4は、従来のグラニュラ媒体の断面構成を示す図である。

【0059】この従来のグラニュラ媒体は、上記磁気記憶媒体とは、下地層を持たない点と記録層の構成が異なる点に置いて異なる。その保護層は、上記磁気記憶媒体の保護層4と同じものであり、また、その基板は、上記磁気記憶媒体の基板1と厚さを除いて同じものである。

ただし、基板の厚さの変化は磁気記憶媒体の特性にほとんど影響を与えない。

【0060】記録層5は、その厚さが20nmであって、複数の球状の結晶粒体5\_\_1とSiO<sub>2</sub>マトリックス5\_\_2とからなる。それらの結晶粒体5\_\_1は、強磁性を示すCo<sub>80</sub>Pt<sub>20</sub>(at%)の組成の合金からなる。これらの結晶粒体5\_\_1の粒径の平均値は約12nmであり、記録層5では、この結晶粒体5\_\_1とSiO<sub>2</sub>マトリックス5\_\_2とはそれぞれ50%の体積を占める。また、これらの複数の球状の結晶粒体5\_\_1は、SiO<sub>2</sub>マトリックス5\_\_2中に分散されてなるとともに、それらの結晶粒体5\_\_1の大部分はそれぞれこのSiO<sub>2</sub>マトリックス5\_\_2によりその全表面を覆われ

媒体	$S_{iso}/N_m$ (dB)	$H_k$ (kOe)	$H_c$ (kOe)	$D_{50}$ (kFCI)	$(K_u \cdot V)/(k_B \cdot T)$	$O/W$ (dB)
従来媒体	28	10	2.0	115	84	20
第1の媒体	28	7	2.2	130	85	30

【0063】最左欄に、媒体の種類を示す。媒体の種類には、表に従来媒体とある従来のグラニュー媒体と表に第1の媒体とある第1の実施形態の磁気記憶媒体がある。それらの媒体に対して行われた各種の測定結果を、それらのそれぞれの欄の右側に示す。測定された量は、表の最上段に順に示されるように、 $S_{iso}/N_m$ 、複数の結晶粒体の異方性磁界の平均値 $H_k$ (kOe)、媒体の保持力 $H_c$ (kOe)、分解能を表す $D_{50}$ (kFCI)、 $(K_u \cdot V)/(k_B \cdot T)$ 、および $O/W$ (dB)である。なお、以下の表3～表5でも、表2と同様に、2つの媒体に対する複数種類の測定結果が示される。

【0064】 $S_{iso}/N_m$ は、0kFCI(kilo Flux Changes per Inch)近くの低い線記録密度を持つ孤立波状態の磁気情報を再生した際の出力信号強度 $S_{iso}$ と、160kFCIの線記録密度で記録された磁気情報を再生した際の媒体ノイズ $N_m$ との比である。上記両媒体に対する $S_{iso}/N_m$ はコア幅1.5μmのMRヘッドを用いて評価した。従来のグラニュー媒体と第1の本実施形態の磁気記憶媒体の両媒体は、ともに28dBという25dB以上の高い $S_{iso}/N_m$ を示した。この理由の1つは、このいずれの媒体の記録層に含まれる複数の結晶粒体もお互いに分断されて磁気的な相互作用を及ぼし合わないため、その記録層の磁化遷移領域での磁化のばらつきが小さく、その記録層を有する磁気記憶媒体の媒体ノイズ $N_m$ が低いためである。もう1つの理由は、上記のいずれの媒体においても、その媒体に含まれる複数の結晶粒体の粒径の平均値が12nmと小さいことにある。

【0065】次に、複数の結晶粒体それぞれの異方性磁界の平均値 $H_k$ については、従来のグラニュー媒体は10kOeを示し、第1の実施形態の磁気記憶媒体は7kOeを示した。この異方性磁界の値の違いは、これらの両媒体の結晶粒体の組成の違いに起因する。

る。そのため、これらの結晶粒体5\_\_1はヘテロエピタキシャル成長せず、その磁化の配向はほとんど3次元等方である。なお、記録層5は、その組成と厚さを別にして第1の実施形態の記録層3を成膜する際と同じスパッタ条件で成膜される。なお、この従来のグラニュー媒体も、第1の実施形態の磁気記憶媒体との比較のため上記4条件を満たすように形成された。

【0061】この従来の磁気記憶媒体とともに、上述した第1の実施形態の磁気記憶媒体の静磁気特性および電磁変換特性の測定結果について表2を用いて説明する。

【0062】

【表2】

【0066】そして、保持力 $H_c$ については、従来のグラニュー媒体は2kOeを示し、第1の実施形態の磁気記憶媒体は2.2kOeを示した。第1の実施形態の磁気記憶媒体は、すぐ上で述べたように従来のグラニュー媒体よりも小さな異方性磁界の平均値 $H_k$ を有する。しかし、第1の実施形態の磁気記憶媒体は、上述したようにその記録層のそれぞれの結晶粒体が記録層を貫くため、配向については従来のグラニュー媒体よりも大きい。そのため、上記両媒体は同程度の保持力 $H_c$ を示した。

【0067】次に、 $D_{50}$ について述べる。一般に高い線記録密度で記録された磁気情報ほど、その磁気情報を再生する際の再生出力は減少する。 $D_{50}$ は、0kFCIの線記録密度で記録された磁気情報の再生出力の半分の値の再生出力を示す磁気情報が記録された線記録密度を表す。この $D_{50}$ は、従来のグラニュー媒体が115kFCIを示し、第1の実施形態の磁気記憶媒体が130kFCIを示した。両媒体とも30nm以下の薄い記録層を有するため、このように高い $D_{50}$ を示した。

【0068】次に、 $(K_u \cdot V)/(k_B \cdot T)$ は、従来のグラニュー媒体が84という値を示し、第1の実施形態の磁気記憶媒体は85という値を示した。第1の実施形態の磁気記憶媒体は、従来のグラニュー媒体より異方性磁界の平均値 $H_k$ が小さいので磁気異方性エネルギーの平均値 $K_u$ も小さいけれども、記録層3の複数の結晶粒体それぞれが柱状であるためその高さ方向で体積を得ており、同じ粒径の球状の結晶粒子と比べてそれらの結晶粒体の体積の平均値 $V$ が増加している。そのため、上記両媒体は同程度の $(K_u \cdot V)/(k_B \cdot T)$ を示した。

【0069】最後に、 $O/W$ は、従来のグラニュー媒体が20という値を示したのに対し、第1の実施形態の磁気記憶媒体は30という著しく高い値を示した。第1の実施形態の磁気記憶媒体は、小さい異方性磁界の平均値

$H_k$ を有するとともに、その記録層のそれぞれの結晶粒子が記録層を貫くためそれらの結晶粒子の磁化は記録層の面内方向に優先的に配向する。このように異方性磁界の小さい配向している磁化は、磁気情報の再書き込みの際にヘッドの磁界により反転され易いため、第1の実施形態の磁気記憶媒体の $O/W$ は高い値を示した。

【0070】以上説明したように、本発明の第1の実施形態の磁気記憶媒体は、高い分解能を持つとともに高い $S/N_m$ を示し、さらに実用上必要な寿命の長さを有する磁気情報を記憶するとともに実用レベルの高い $O/W$ を示す。

【0071】なお、結晶粒子3\_\_1は、粗の部分、密の部分があると媒体ノイズの増大を招くので均一に配列することが好ましく、またその再生出力を増大させるために最密となる配位で配列することが望まれる。

【0072】次に、本発明の第2の実施形態について説

媒体	$S_{iso}/N_m$ (dB)	$H_c$ [周] (kOe)	$H_c$ [径] (kOe)	$D_{50}$ (kFCI)	$O/W$ (dB)
第1の媒体	28	2.2	2200	130	30
第2の媒体	29	2.5	2100	140	35

【0077】表に第1の媒体とある第1の実施形態の磁気記憶媒体と表に第2の媒体とある第2の実施形態の磁気記憶媒体それぞれに対する、 $S_{iso}/N_m$ 、媒体の周方向の保持力 $H_c$  (kOe)、媒体の径方向の保持力 $H_c$  (kOe)、分解能を表す $D_{50}$  (kFCI)、および $O/W$  (dB)の測定結果が示される。第2の実施形態の磁気記憶媒体は、第1の実施形態の磁気記憶媒体と比べて、 $S_{iso}/N_m$ が28 dBから29 dBに向上し、周方向の保持力 $H_c$ が2.2 kOeから2.5 Oeに向上し、径方向の保持力 $H_c$ が2.2 kOeから2.1 kOeに減少し、 $D_{50}$ が130 kFCIから140 kFCIに向上し、そして $O/W$ が30 dBから35 dBに向上した。この周方向の保持力 $H_c$ の向上と径方向の保持力 $H_c$ の減少から、テクスチャの存在により記録層3中の複数の結晶粒子の磁化容易軸がその基板1\_\_2の円周方向に優先的に配向したことがわかる。この配向により、上記の、 $S_{iso}/N_m$ 、 $D_{50}$ 、および $O/W$ の向上がもたらされた。

【0078】なお、この第2の実施形態では、基板1\_\_2に周方向のテクスチャを設定することにより磁化容易軸を配向させたが、本発明の磁気記憶媒体は、記録層の成膜時の、磁場中成膜および基板加熱による膜応力により磁化容易軸を配向させるものであってもよい。

媒体	$S_{iso}/N_m$ (dB)	$H_c$ [周] (kOe)	$D_{50}$ (kFCI)	$O/W$ (dB)
第2の媒体	29	2.5	130	35
第3の媒体	30	2.5	140	35

【0084】表に第2の媒体とある第2の実施形態の磁気記憶媒体と表に第3の媒体とある第3の実施形態の磁気記憶媒体それぞれに対する、 $S_{iso}/N_m$ 、媒体の周

明する。

【0073】図5は、本発明の第2の実施形態の磁気記憶媒体の構成を示す図である。

【0074】この第2の実施形態の磁気記憶媒体は基板1\_\_2にテクスチャが設けられている点においてのみ第1の実施形態の磁気記憶媒体と異なる。そのテクスチャは基板1\_\_2のディスクの円周方向に伸びる15 Å間隔のストライプ状に形成されている。このテクスチャの形成により記録層3中の複数の結晶粒子の磁化はその基板1\_\_2の円周方向に優先的に磁化容易軸が配向する。

【0075】この第2の実施形態の磁気記憶媒体の静磁気特性および電磁変換特性の測定結果について表3を用いて説明する。比較のために第1の実施形態の磁気記憶媒体の同じ測定の結果についても述べる。

【0076】

【表3】

【0079】次に、本発明の第3の実施形態について説明する。

【0080】図6は、本発明の第3の実施形態の磁気記憶媒体の構成を示す図である。

【0081】この第3の実施形態の磁気記憶媒体は、下地層2と記録層3の間に位置するとともにその両層に隣接して $Co_{50}Cr_{50}$  (at%)の組成の合金からなる非磁性で層の厚さが5 nmの中間層6を有する点においてのみ第2の実施形態の磁気記憶媒体と異なる。この中間層6は、表1に示される $CrMo$ 合金と同じスパッタリング条件で成膜されている。この第3の実施形態の磁気記憶媒体と第2の実施形態の磁気記憶媒体とのTEM写真を撮り、その写真から両媒体の複数の強磁性の結晶粒子の粒径分布を比較したところ、第3の実施形態の磁気記憶媒体の複数の結晶粒子の粒径の標準偏差は、第2の実施形態の磁気記憶媒体の複数の結晶粒子の粒径の標準偏差より小さく3.0 nm程度であった。

【0082】この第3の実施形態の磁気記憶媒体の静磁気特性および電磁変換特性の測定結果について表4を用いて説明する。比較のために第2の実施形態の磁気記憶媒体の同じ測定の結果についても述べる。

【0083】

【表4】

媒体	$S_{iso}/N_m$ (dB)	$H_c$ [周] (kOe)	$D_{50}$ (kFCI)	$O/W$ (dB)
第2の媒体	29	2.5	130	35
第3の媒体	30	2.5	140	35

向の保持力 $H_c$  (kOe)、分解能を表す $D_{50}$  (kFCI)、および $O/W$  (dB)の測定結果が示される。第3の実施形態の磁気記憶媒体は、第2の実施形態の磁気

記憶媒体と比べて、 $S_{iso}/N_m$ が29dBから30dBに向上した。両媒体とも、周方向の保持力 $H_c$ は2.5kOe、 $D_{50}$ は140kFCI、そして $O/W$ が35dBと同じ値を示した。この $S_{iso}/N_m$ の向上は、第3の実施形態の磁気記憶媒体に含まれる複数の結晶粒体の粒径が、上述したように、中間層6の存在により小さな標準偏差で分布するようになったためである。

【0085】なお、この第3の実施形態の磁気記憶媒体は、中間層に $Co_{50}Cr_{50}$ の組成の合金を材料として用いたが、本発明の磁気記憶媒体は、中間層に、 $Co$ 、 $Cr$ 、 $Mo$ 、 $Ta$ 、 $V$ 、および $W$ のうちの1種類以上の元素からなる合金もしくは酸化物あるいは窒化物を用いてもよい。その際、中間層は下地層とは異なる材料からなるものであることが好ましい。そして、中間層には、この第3の実施形態で用いたような、下地層2の $Cr$ を含む材料と記録層3の結晶粒体の $Co$ を含む材料との中間的な材料である $Co$ および $Cr$ を含む合金を用いることがさらに好ましい。

媒体	$S_{iso}/N_m$ (dB)	$H_c$ [周] (kOe)	$D_{50}$ (kFCI)	$O/W$ (dB)
第3の媒体	30	2.5	140	35
第4の媒体	30	2.7	145	37

【0091】表に第3の媒体とある第3の実施形態の磁気記憶媒体と表に第4の媒体とある第4の実施形態の磁気記憶媒体それぞれに対する、 $S_{iso}/N_m$ 、媒体の周方向の保持力 $H_c$  (kOe)、分解能を表す $D_{50}$  (kFCI)、および $O/W$  (dB)の測定結果が示される。第4の実施形態の磁気記憶媒体は、第3の実施形態の磁気記憶媒体と比べて、周方向の保持力 $H_c$ が2.5kOeから2.7Oeに向上し、 $D_{50}$ が140kFCIから145kFCIに向上し、そして $O/W$ が35dBから37dBに向上した。また、上記両媒体はともに30dBという高い $S_{iso}/N_m$ を示した。この周方向の保持力 $H_c$ の向上から、シード層7の存在により記録層3中の複数の結晶粒子の磁化容易軸の配向が向上したことがわかる。ここでそれらの磁化容易軸は記録層3の面内方向に優先的に配向している。この配向により、上記の、 $D_{50}$ および $O/W$ の向上がもたらされた。

【0092】なお、この第4の実施形態の磁気記憶媒体は、シード層に $Cr$ を材料として用いたが、本発明の磁気記憶媒体は、シード層の材料として、 $Cr$ 、 $Mo$ 、 $Ta$ 、 $V$ 、および $W$ のうちの1種類以上の元素からなる合金もしくは酸化物あるいは窒化物を用いてもよい。その際、シード層は下地層と異なる材料からなることが好ましい。

【0093】なお、この第4の実施形態の磁気記憶媒体は、第3の実施形態の磁気記憶媒体と同様に中間層に $Co_{50}Cr_{50}$ の組成の合金を材料として用いたが、本発明の磁気記憶媒体は、中間層に、 $Co$ 、 $Cr$ 、 $Mo$ 、 $Ta$ 、 $V$ 、および $W$ のうちの1種類以上の元素からなる合

【0086】最後に、本発明の第4の実施形態について説明する。

【0087】図7は、本発明の第4の実施形態の磁気記憶媒体の構成を示す図である。

【0088】この第4の実施形態の磁気記憶媒体は、基板1\_\_2と下地層2の間に位置するとともにその両層に隣接して $Cr$ からなる非磁性で層の厚さが5nmのシード層7を有する点においてのみ第3の実施形態の磁気記憶媒体と異なる。このシード層7は、表1に示される $CrMo$ 合金と同じスパッタリング条件で成膜されている。

【0089】この第4の実施形態の磁気記憶媒体の静磁気特性および電磁変換特性の測定結果について表5を用いて説明する。比較のために第3の実施形態の磁気記憶媒体の同じ測定の結果についても述べる。

【0090】

【表5】

金もしくは酸化物あるいは窒化物を用いてもよい。その際、中間層は下地層の材料およびシード層の材料とは異なる材料からなるものであることが好ましい。そして、中間層には、この第4の実施形態で用いたような、下地層2の $Cr$ を含む材料と記録層3の結晶粒体の $Co$ を含む材料との中間的な材料である $Co$ および $Cr$ を含む合金を用いることがさらに好ましい。

【0094】また、この第4の実施形態の磁気記憶媒体はシード層7とともに中間層6を有するものであったが、本発明の磁気記憶媒体はシード層を含み中間層を含まない構成であってもよい。

【0095】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、高記録密度で情報を記録し、かつその情報を高い信号品質（高 $S/N_m$ ）で再生することが可能であるとともに、記録されている情報の長寿命化が図られながらもオーバーライト特性が良好な磁気記憶媒体を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】10Gbit/inch<sup>2</sup>の記録密度を有する磁気記憶媒体をモデルとした場合の、結晶粒体の粒径 $D$ に対する $S/N_m$ を示すグラフである。

【図2】10Gbit/inch<sup>2</sup>の記録密度を有する磁気記憶媒体をモデルとした場合の、記録層の厚さ $\delta$ に対する磁化遷移領域の幅 $a$ の大きさを示すグラフである。

【図3】本発明の第1の実施形態の磁気記憶媒体の断面構造を示す図である。

【図4】従来のグラニュラ媒体の断面構成を示す図である。

【図5】本発明の第2の実施形態の磁気記憶媒体の構成を示す図である。

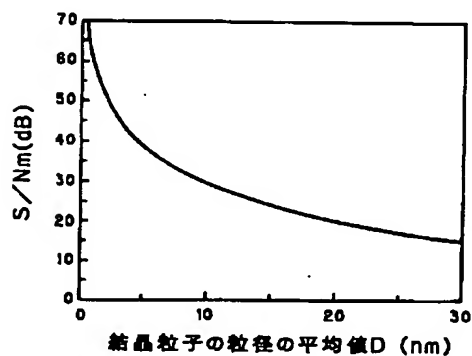
【図6】本発明の第3の実施形態の磁気記憶媒体の構成を示す図である。

【図7】本発明の第4の実施形態の磁気記憶媒体の構成を示す図である。

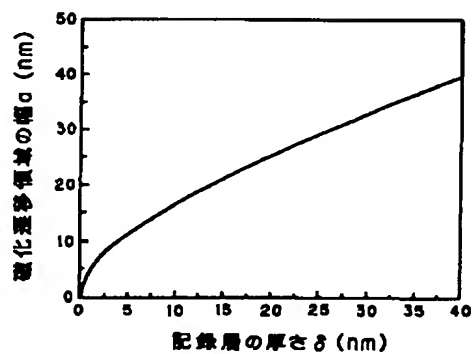
【符号の説明】

- 1、1\_2 基板
- 2 下地層
- 3、5 記録層
- 3\_1、5\_1 結晶粒体
- 3\_2、5\_2  $\text{SiO}_2$ マトリックス
- 4 保護層
- 6 中間層
- 7 シード層

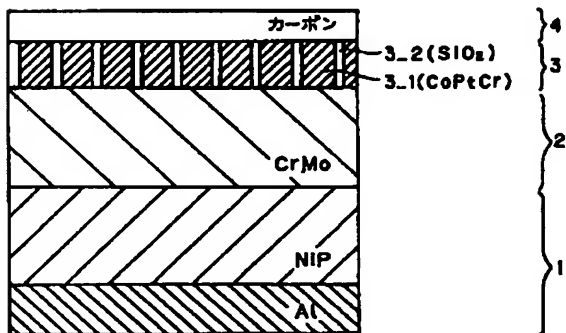
【図1】



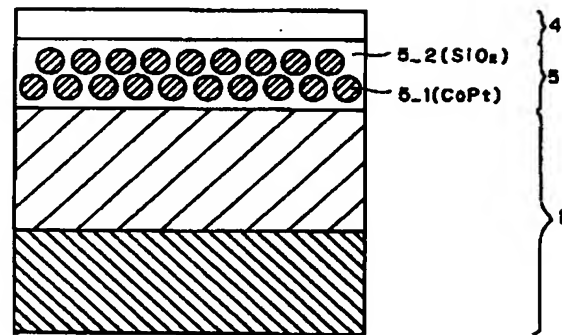
【図2】



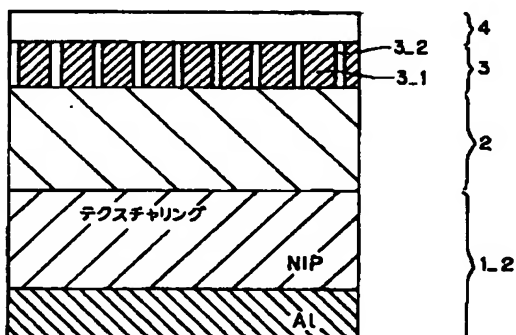
【図3】



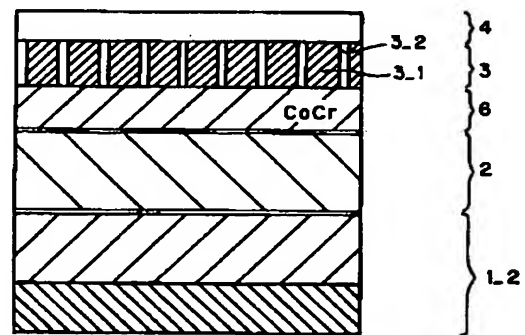
【図4】



【図5】

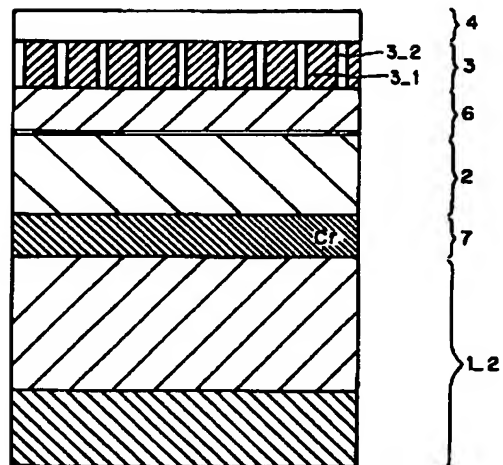


【図6】





【図7】



フロントページの続き

(72) 発明者 岡本 巖  
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
 1号 富士通株式会社内

Fターム(参考) 5D006 BB01 BB06 BB07 BB09 CA01  
 CA06 DA03 FA09  
 5D112 AA03 AA05 AA11 AA24 BB05  
 BB06 BB10 BD04 FA04  
 5E049 AA04 AA09 AC00 BA06 DB02  
 DB12 DB20

This Page is inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record

## BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☒ BLACK BORDERS

☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☒ FADED TEXT OR DRAWING

☒ BLURED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLORED OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☐ REPERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images  
problems checked, please do not report the  
problems to the IFW Image Problem Mailbox**